

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-328510

(43)Date of publication of application : 17.11.1992

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

G02B 6/28

(21)Application number : 03-330371

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH CORP (IBM)

(22)Date of filing : 13.12.1991

(72)Inventor : GFELLER FRITZ
HEINZMANN PETER L
JOHANN RUDOLF MUELLER
MARTIN OLIVER

(30)Priority

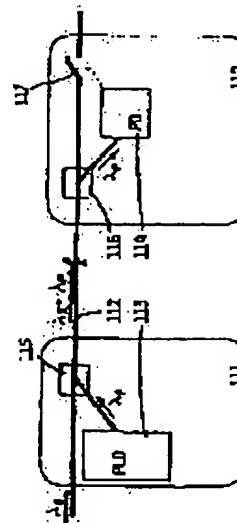
Priority number : 91 91810215 Priority date : 25.03.1991 Priority country : EP

(54) FIBER OPTICAL SWITCH WITH REMOTE OPTICAL FEEDING MEANS

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the optical switch element which can be fed optically from a remote place.

CONSTITUTION: An optical switch element consists of a feeding laser diode 113 which is provided for a station 111 and sends a light wave for feeding of wavelength „p, different from the wavelength „s for data transmission, a wavelength-division multiplexer 115, a switch element 117 provided for a distribution panel 110, a wavelength-division demultiplexer 116 which extracts the light wave for feeding, a photodiode 114 which converts the light into a current, and an actuator which is driven with its current to drive the switch element 117. This switch element is composed of a GRIN rod lens switching element with an integrated type planar mirror, and this is operated by an actuator made of shape memory alloy which deforms from heating by a current.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C), 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-328510

(43) 公開日 平成4年(1992)11月17日

(51) Int Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 26/08		F 7820-2K		
6/28		B 7820-2K		

審査請求 有 請求項の数17(全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平3-330371

(22) 出願日 平成3年(1991)12月13日

(31) 優先権主張番号 91810215.3

(32) 優先日 1991年3月25日

(33) 優先権主張国 スイス (CH)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSIN
ESS MACHINES CORPO
RATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州

アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 フリッツ・グフエラー

スイス国ツエーハー-8503 ルエシユリコ

ン、バーンホフシュトラッセ 78番地

(74) 代理人 弁理士 碩宮 幸一 (外3名)

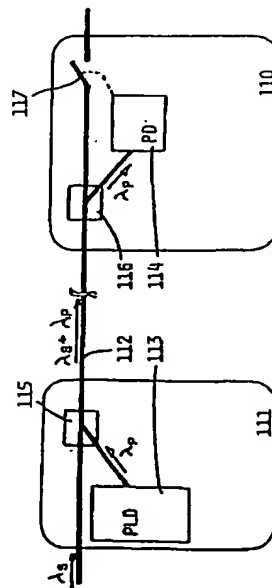
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠隔光学給電手段付きファイバ光スイッチ

(57) 【要約】

【目的】 遠隔から光学的に給電できる光スイッチ素子を提供すること。

【構成】 光スイッチ素子は、ステーション111に設けた、データ伝送用の波長 λ_1 とは異なる波長 λ_2 の給電用光波を発する給電用レーザダイオード113と、波長分割マルチプレクサ115と、分配パネル110に設けた、スイッチ素子117と、給電用光波を取り出す波長分割デマルチプレクサ116と、この光を電流に変換するフォトダイオード114と、その電流により駆動されてスイッチ素子117を駆動するアクチュエータと、から構成する。そのスイッチ素子は、集積型プレーナミラー付きGRINロッドレンズ・スイッチング素子から構成し、そしてこれを、電流による加熱により変形する形状記憶合金製のアクチュエータで作動する。



(2)

特開平4-328510

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 スイッチング素子と、アクチュエータと及び給電システムとを含み、ファイバ間のリンクを接続したり非接続したりするための遠隔光学給電を備えたファイバ光スイッチであって、イ) 光-電流変換手段(33,34)と、ロ) 光学給電手段(31,32)と、ハ) 少なくとも1本の相互接続ファイバと、を含み、前記光学給電手段(31,32)の発する光波が、前記相互接続ファイバを介して前記光-電流変換手段(33,34)まで進行し、そしてこの変換手段の出力電流が前記アクチュエータを駆動し、そしてこのアクチュエータが前記スイッチング素子を動かすように構成した、ファイバ光スイッチ。

【請求項2】 請求項1のファイバ光スイッチであって、前記光学給電手段(31,32)は、前記光-電流変換手段(33,34)から分離し、そして前記相互接続ファイバによって光学的にその変換手段と結合した、ファイバ光スイッチ。

【請求項3】 請求項1または2のファイバ光スイッチであって、前記光-電流変換手段は、波長分割マルチプレクサ(33)と、光-電流変換器(34)と、から成り、前記光学給電手段は、波長入₁の給電用光波を発するためのレーザダイオード(31)と、波長分割マルチプレクサ手段(32)と、から成り、前記スイッチに対する給電は、前記給電用光波を、前記波長分割マルチプレクサ手段(32)を介して前記相互接続ファイバに送り、該光波をデータ伝送に用いる光波と共に伝搬させ、前記給電用光波を前記波長分割マルチプレクサ手段(33)によって前記データ伝送用光波から分離し、そして前記光-電流変換器に送ることによって行い、これによって、データ伝送と前記スイッチの給電とを特に同時にできるように構成した、ファイバ光スイッチ。

【請求項4】 請求項3のファイバ光スイッチであって、前記光-電流変換器はフォトダイオード(114)であり、前記レーザ源はレーザダイオード(113)である、ファイバ光スイッチ。

【請求項5】 請求項1から4のいずれかのファイバ光スイッチであって、前記スイッチング素子は、集積型ブレーナミラー(98)付きのグレーデッド屈折率GRINロッドレンズ(90)を含む、ファイバ光スイッチ。

【請求項6】 請求項5のファイバ光スイッチであって、前記GRINロッドレンズ(90)は、イ) フェルルール(91)内に軸支しており、ロ) $n(r) = n_0(1 - Ar^2/2)$ と同様な屈折率分布を有しており、但し、 n_0 は前記GRINロッドレンズ(90)の軸における屈折率、 A はある正の定数、 r は前記GRINロッドレンズ(90)の前記軸からの半径方向距離であり、ハ) 長さ $L_1 = \pi/A^{1/4}$ を有し、但し、 A は前記正の定数であり、またニ) 前記GRINロッドレンズの前記軸に垂直な第1及び第2の端面切子面を有している、

2

ファイバ光スイッチ。

【請求項7】 請求項6のファイバ光スイッチであって、前記ブレーナミラー(98)は、前記端面切子面に垂直でかつ前記GRINロッドレンズ(90)の軸に平行に、該GRINロッドレンズ(90)の中心で $L_1/2$ の所に集積化してある、ファイバ光スイッチ。

【請求項8】 請求項6または7のファイバ光スイッチであって、前記GRINロッドレンズ(90)は、前記フェルルール(91)内に軸支し、光学的にファイバと結合し、これによって、前記集積型ブレーナミラー(98)付きGRINロッドレンズ(90)を前記ファイバの位置に対して回転させることによって、前記ファイバ間の異なるリンクを確立するようにした、ファイバ光スイッチ。

【請求項9】 請求項1または2のファイバ光スイッチであって、前記スイッチング素子は微小機械式スイッチである、ファイバ光スイッチ。

【請求項10】 請求項9のファイバ光スイッチであって、前記微小機械式スイッチは、イ) 基板内に軸支した、集積型導波路パターンを備えた円筒形ディスク・ロータと、ロ) 前記ロータ用アクチュエータを有し、前記ロータのための軸受として及び前記ファイバと前記ロータとの間の光学結合手段として機能する前記の基板と、を含み、前記アクチュエータによって前記ロータを回転させることにより異なるリンクを確立するように構成した、ファイバ光スイッチ。

【請求項11】 ファイバ光ネットワークにおいて、ステーションを該ネットワークに接続したり非接続したりするための遠隔光学給電式のバイパス/挿入光スイッチであって、イ) 波長分割マルチプレクサ(33)と光-電流変換器(34)と、スイッチング素子と、該スイッチング素子用のアクチュエータ(92)とを含んだ、前記ネットワーク(12)内に挿入した分配パネル(30)と、ロ) 少なくとも1本の相互接続ファイバと、及びハ) 給電用レーザダイオード(31)と波長分割マルチプレクサ(32)とを含んだ、前記ステーション(35)に配置した給電手段と、を含み、前記給電手段は、前記少なくとも1本の相互接続ファイバを介して前記分配パネル(30)に接続し、そしてファイバリンクを接続したり非接続したりするために、給電用光波を前記波長分割マルチプレクサ(32)及び前記相互接続ファイバを介して前記分配パネル(30)に送り、そしてこの分配パネルで、前記光波を前記波長分割マルチプレクサ(33)を介して前記光-電流変換器(34)に結合し、そしてそれを前記アクチュエータ(92)を駆動するための電流に変換するように構成した、遠隔光学給電式バイパス/挿入光スイッチ。

【請求項12】 請求項11のバイパス/挿入光スイッチであって、前記相互接続ファイバは、データ伝送と前記スイッチの給電とに特に同時に用いる、遠隔光学給電式バイパス/挿入光スイッチ。

3

【請求項13】 請求項11または12のバイパス／挿入光スイッチであって、前記ファイバ光ネットワークは、二重ファイバ・ネットワーク(121)であり、前記ステーション(122)は、挿入状態中、前記ネットワーク(121)の2本のファイバの各々にループ接続する、遠隔光学給電式バイパス／挿入光スイッチ。

【請求項14】 複数の光ファイバを取付けるファイバ光スイッチのための、放物線状屈折率分布を有したGRINロッドレンズであって、イ) 該GRINロッドレンズの軸受として機能し、前記複数のファイバの整列を与えるフェルール(91)内に軸支し、ロ) アクチュエータ(92, 94, 95)によって回転可能であり、ハ) $n(r) = n_0(1 - Ar^2/2)$ と同様な屈折率分布を有し、但し、 n_0 は前記GRINロッドレンズ(90)の軸における屈折率、 A はある正の定数、 r は前記GRINロッドレンズ(90)の軸からの半径方向距離であり、ニ) 長さ $L_1 = \pi/A^{1/2}$ を有し、但し、 A は前記正の定数であり、ホ) 前記軸に垂直な第1及び第2の端面切子面を有し、ヘ) 前記GRINロッドレンズ(90)の中心で $L_1/2$ の所に、前記端面切子面に垂直でかつ該GRINロッドレンズ(90)の前記軸と平行に、集積型プレーナミラー(98)を配置したこと、を特徴とし、前記GRINロッドレンズ(90)を前記軸にて回転させることによって異なる複数のファイバ・リンクを確立し、これによって前記複数のファイバの位置に対する前記ミラー(98)付きGRINロッドレンズ(90)の位置を変化させるように構成した、GRINロッドレンズ。

【請求項15】 請求項14のGRINロッドレンズであって、前記ミラー(72)は、蒸着したアルミニウム層である、GRINロッドレンズ。

【請求項16】 請求項14のGRINロッドレンズであって、前記ミラーは、前記GRINロッドレンズの2つの半部分(130.1, 130.2)の間のギャップ(131)によって形成した、GRINロッドレンズ。

【請求項17】 請求項14、15、16のいずれかのGRINロッドレンズであって、前記アクチュエータ手段は、前記GRINロッドレンズ(90)にレバー(94)を介して固定し、かつ絶縁層(101)及び抵抗性層(102)とを被覆した形状記憶合金製ワイヤ(100)を含み、前記抵抗性層(102)は、金属ブリッジ(103)を介して前記ワイヤ(100)の第1の端部に接続し、電流源から前記ワイヤ(100)の第2の端部に電流を供給することによって、前記アクチュエータを一方の位置から他方の位置へ動かし、これによって前記電流が前記ワイヤ(100)を通り、そして前記金属ブリッジ(103)及び前記抵抗性層(102)を介して前記電流源に還流するように構成した、GRINロッドレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(3)

特開平4-328510

4

【産業上の利用分野】本発明は、ファイバ・ネットワークやその他の光システム用の遠隔光学給電手段付きファイバ光スイッチに関するものである。この本発明では、データの伝送とそれらスイッチの遠隔光学給電とに、同じ光ファイバを使用する。また、複雑なスイッチング機能を実現するために、集積型プレーナミラー付きGRINロッドレンズ(グレーデッド屈折率ロッド)スイッチング素子も開示する。

【0002】

【従来の技術】データ通信、光学式の記録及び計算、光学式の計測機器や医療分野の応用等のための光学システム及び回路は、ますます重要になってきている。これらのシステム及び回路には、非常に広い帯域の種々の異なる光ファイバが用いられている。光ファイバは、大きな伝送容量を有し、また電磁妨害や接地ループ問題がない等の魅力的な利点を有しているため、ファイバ光学技術は、上記の技術分野にほぼ理想的な程適したものである。

【0003】光ファイバ・ネットワークや他のファイバ応用分野における制御及び動作のために、種々の異なる光スイッチが、ファイバリンクの遮断、1つのリンクから他のリンクへの切換、またはマルチプレックス及びデマルチプレックスのために用いられている。スイッチのそれら応用の大部分では、極めて信頼性が高くしかも損失が非常に低くなければならない。

【0004】以下の章では、主に、例えばLAN(ローカルエリアネットワーク)のような光ファイバ・ネットワーク、及びそのためのスイッチについて述べることにする。図1には、ある典型的なLANについて概略的に示してある。このLANは、光ファイバリング12から成っており、そしてこのリングには、各ステーション(例えば、PC、ホスト、ルータ(router)、コンセントレータ)10.1-10.8が分配パネル13.1-13.8を介して接続している。これらステーション及び分配パネルは、1本または2本の光路(リングまたはバス)、即ち2本のファイバ(単一アタッチ)または4本のファイバ(二重アタッチ)によって接続することができる。図示した応用例の分配パネル13.1-13.9は、主にバイパス・スイッチで構成されている。また、図2のA及びBには、二重アタッチ構成の詳細図を示してある。これでは、端末10.1は、4本の光ファイバC、D、G、Hを介して受動分配パネル13.1に接続している。図2Aに示すように、端末10.1に給電していない場合或はその端末が自己試験状態にある場合には、ネットワークに挿入しないようにしている。この時、その端末は、バイパス／ラップ状態にある。この端末10.1をネットワーク12に挿入させたい時には、分配パネル13.1を、図2Bに示すようにバイパス状態から挿入状態に切換える。この複雑なスイッチング機能は、4つの結合した切換スイッチを用いることによ

5

て実現することができる。これらのスイッチング機能は、以下に説明する新規で独創的な集積型プレーナミラー付きGRINロッドレンズ・スイッチング素子を用いて実現することができる。

【0005】本技術分野においては、異なるタイプの光スイッチが知られている。これらは現在、線形変位スイッチで作られており、これにおいては、電磁アクチュエータまたはピエゾ電気アクチュエータによって、ファイバを一方の整列状態から別の整列状態に押圧するようになっている。これらのスイッチに関する多くの既知の刊行物の一例は、M.ヌノシタ氏による“ファイバ光データバス・システム用の光バイパス・スイッチ” (Appl. Optics, 第19巻第15号、2574-2577頁、1990年8月発行) という論文である。この論文に記載されているスイッチは、一対のミラーを備えた鉄片を有して、この鉄片は、磁化可能な電磁石によって引き寄せられるようになっている。このスイッチは、光ファイバに加えて、その電磁石の給電用として銅線を必要としている。図2のA及びBについて記載したのと同等のスイッチング機能を実現するには、M.ヌノシタの論文に記載されている電磁スイッチが2個必要となる。2つの電磁スイッチの組み合わせると、非常に嵩張ったものとなり、更に給電及び制御のために別個の銅線が必要である。

【0006】本発明のスイッチでは、スイッチの給電及び制御のために外部の銅線を必要としないように構成してある。このスイッチには、所与のファイバを介して遠隔より光学的に給電するようにする。光による電力伝送は、銅線を付加する必要がなくまたガルヴァニ二分離が得られるので、ほとんどの応用分野において有利である。本発明によるこのスイッチでは、データ伝送ファイバを用いて遠隔より給電しまた制御することができ、これによって付加的ファイバを必要としないようにすることができる。この遠隔光学給電の原理は、図3のA及びBに関連して説明する。この図には、ファイバ入出力A-Dを有する単一アタッチ分配パネル30を示してある。図3Aの給電停止/自己試験フェーズでは、端末35は、ファイバC及びDを介して分配パネル30に接続しているが、LAN12にはリンクしていない。このフェーズ中は、その端末35は、LAN12からデータを受けることもそれにデータを送ることもできない。このステーションをLAN12に挿入させたい時、図3Bに示すように、給電用レーザダイオード31 (PLD) が波長 λ_1 の給電用信号を発生し、そしてこの信号は、波長分割マルチプレクサ32 (WDM) を介してファイバDに結合する。分配パネル30の一部であるもう1つのWDM33は、その給電用信号を変換器34に供給し、そしてこの変換器34は、その受け取った給電用信号を電流に変換する。この電流によって、分配パネル30の一部の1つのスイッチを、一方の状態から他方の状態に切

(4)

特開平4-328510

6

して、波長 λ_1 のデータ信号をリングへまたリングからという具合に案内する。

【0007】そのスイッチの信頼性のある動作を保証するためには、効率的な電力伝送と変換が重要である。変換器とも呼ぶその光駆動式の電源34では、その出力電力が限られている。従って、光スイッチのアクチュエータのその電力消費は、電源34の出力電力に適合させなくてはならない。本発明の一実施例に関連させて、変換器34が給電することができる特別なSMA (形状記憶合金) 製のアクチュエータを開示する。

【0008】これに加えて、新規で独創的な集積型プレーナミラー付きGRINロッド (グレーデッド屈折率ロッド) レンズを以降に開示する。これは、光システムの様々な応用分野に用いることができ、特に光ファイバ・ネットワーク (例えば16Mb/sトークンリング、FDDI (ファイバ分配データ・インターフェース) またはDQDB (分配型キュー二重バス) 等) によるスイッチに用いることができる。このGRINロッドレンズは、多くの特徴を持ち、この特徴のため、光学デバイスに特に適した光ファイバ通信システムにおける信号の操作及び処理に特に適したものとなっている。本技術分野では、GRINロッドレンズのいくつかの応用が知られている。GRINロッドの全体像及びこの技術分野の現状を得るために、年代順に論文を引用する。W. J. トムリンソン (Tomlinson) による論文“マルチモード光ファイバにおけるGRINロッドレンズの収差” (Appl. Optics, 第19巻第7号、1117-1126頁、1980年4月発行) において、GRINロッドレンズの収差の分析について公衆されている。コネクタ、減衰器、方向結合器、スイッチ、アイソレータ、及び波長分割マルチプレクサ (WDM) を含むGRINロッドレンズの様々な設計が、その同じ著者による“GRINロッドレンズの光ファイバ通信システムにおける応用” (Appl. Optics, 第19巻第7号、1127-1128頁、1980年4月) という刊行物において、見直されている。光学計測機器に用いられているレンズの一例が、S. D. コスワース (Cusworth) 及びJ. M. シニア (Senior) の“高速通信、GRINロッドレンズを用いた反射式光学センシング技術” (J. Phys. E: Sci. Instrum., 第20巻102-103頁、1987年) という論文に見ることができる。

【0009】以降に説明した特許を請求する集積型プレーナミラー付きGRINロッドレンズ・スイッチング素子に最も近い従来例は、F. グフェラ (Gfeller) の“光ファイバ・リングネットワーク用バイパス・スイッチ” (IBM Technical Disclosure Bulletin, 第24巻第3号、1493-1495頁、1981年8月発行) という刊行物に記載されている。この論文に記載されているGRINロッドスイッチでは、別個の銅線によって給電しなくてはならない。これでは、電磁石を用いて、2つの液体、即ち水銀とフェロ流体 (ferrofluid) をGRINロッドレンズ

(5)

特開平4-328510

7

内部の光路を貫通するよう動かすようにしている。以下に説明するように、フォトダイオードから変換した電流（1ミリアンペア程度）では、その鉄流体を動かすのに十分な磁場強度を生成するには、電磁石を用いることはほとんど不可能である（リレー用磁石は、通常50ミリアンペア以上を必要とする。）。しかしながら、それら流体は、ダイヤフラムまたはピストンを押圧するSMAアクチュエータによって動かすことは可能である。しかし、それに必要な力は、本発明での力よりはるかに大きい。従って、約1ミリワットの加熱電力のSMAアクチュエータによってそのような流体を動かすことは、ほぼ不可能であると思われる。

【0010】最も近い光ファイバスイッチの従来例は、P. ハイน์ツマン (Heinzmann) 及びH. R. ミュラー (Mueller) の“集積型光ファイバ・スイッチング素子” (IBM Technical Disclosure Bulletin, 第32巻第108号、172-174頁、1990年3月) という刊行物に見ることができ、この論文において、集積型光導波路を有するシリコンの微小製作した機械部品から成る光スイッチング素子が提案されている。

【0011】以下に説明し特許を請求するような、遠隔から光学的に給電を行うスイッチ並びに集積型プレーナミラー付きGRINロッドレンズに関する従来例は、まだ知られていない。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明の主たる目的は、遠隔から光学的に給電する遠隔光学給電式光スイッチを提供することである。

【0013】本発明の他の目的は、ステーションからガルヴァニ二分離することができ、しかも電磁場に対して不感の光スイッチを提供することである。

【0014】本発明の他の目的は、例えば二重アタッチ・ステーション（端末、ホストコンピュータ、及びその他のシステム）を二重ファイバ・ネットワークに接続及び非接続するような、複雑な切換機能を実現するための光スイッチング素子を提供することである。

【0015】本発明の他の主目的は、二重アタッチ・ステーションを二重ファイバ・ネットワークに接続及び非接続するための、バイパス／ループバック及び挿入スイッチング・システムを提供することである。

【0016】本発明の更に他の目的は、ファイバとスイッチとの間の相互接続の時間を要ししかも高価な登列及び回盤を必要としない、光スイッチング素子を提供することである。

【0017】本発明の更に他の目的は、双方向光ファイバシステムにも用いることのできる、遠隔光学給電式スイッチを提供することである。

【0018】本発明の更に他の目的は、光駆動式電源によって電力を供給することのできるアクチュエータを提供することである。

8

【0019】

【課題を解決するための手段】特許を請求する本発明では、上記の目的を実現し、しかも既知の光スイッチのその他の欠陥を矯正することを意図している。本発明の光スイッチでは、それぞれ複数の波長分割マルチプレクサ、給電用レーザダイオード、及び光-電流変換器を用いて、そのスイッチに遠隔から光学的に給電することによって、上記目的を達成するものである。その非常に複雑なスイッチング機能のため、従来より用いられている光スイッチは、集積型プレーナミラー付きGRINロッド・スイッチング素子に置き換える。また、スイッチングのために、形状記憶合金を用いた特殊なアクチュエータを開示する。

【0020】

【実施例】上記の本発明の遠隔光学給電式ファイバ光スイッチは、主として、波長分割マルチプレクサ (WDM)、給電用レーザダイオード (PLD)、光検出器 (PD)、アクチュエータ（例えば、形状記憶合金製アクチュエータ）、及びスイッチング素子（例えば、GRINロッドレンズ）から成る構成である。それらの部品については、以下に詳細に説明する。

【0021】1. 波長分割マルチプレクサ (WDM)

データ信号及び給電用信号をマルチプレックスしデマルチプレックスするために、図3のAとBに概略的に示すような波長分割マルチプレクサ32、33を用いる。これらのWDMを用いることによって、1本のファイバを用いてデータ伝送と給電とを同時に行うことができる。WDMは、ここに開示するスイッチの遠隔光学給電にとって重要なデバイスである。プリズム、格子、干渉フィルタ及び能動素子（即ち、多波長の送信器及び受信器）等、様々なタイプのWDMが文献に記載されており、当技術分野で公知である。これらのデバイスに関する詳細及び一般的な批評については、次にあげる記事に見ることができる。

【0022】(1) T. ミキ及びH. イシオ、IEEE 学会誌、電子通信分野、COM-26、1082頁、1978年発行。

【0023】(2) W. J. トムリンソン (Tomlinson)、J. Opt. Soc. Am., 第70巻、1569A頁、1980年発行。

【0024】(3) J. コンラディ (Conradi)、J. Opt. Soc. Am., 第70巻、1569A頁、1980年発行。

【0025】J. Lightwave Techn., 第LT-2巻、448-463頁の論文“波長分割多重化技術の臨界点と状態及びその応用”において、H. イシオ外は、現状の光マルチプレクサ/デマルチプレクサ及びWDMシステム設計について検討している。

【0026】本ファイバ光スイッチは、波長チャンネル当りの低挿入損失、それらチャンネル間の高絶縁性、高信頼性及び小型化を確保するように設計した受動光学波長マルチプレクサ及びデマルチプレクサの使用に依る所

50 が大きい。本発明で特に興味深いのは、“ガラス上集積

9

光学 (Integrated Optics on Glass) ” の WDM と、
(GRIN ロッド) レンズタイプの WDM とである。こ
れらタイプ並びにその他のタイプについては、H. イシ
オ等の先に引用した論文に記載されている。図で用いて
いる波長分割マルチプレクサ 3 2 及び波長分割デマルチ
プレクサ 3 3 のシンボルを、図 4 に示す。

【0027】マルチプレクサ 3 2 をデマルチプレクサ 3
3 に相互接続するファイバを介して高効率な電力伝送が
必要なので、その使用する WDM の低損失は重要であ
る。遠隔光学給電式スイッチに用いるその WDM は、フ
ァイバを介したデータ伝送の波長 λ_1 と、給電用レーザ
ダイオード 3 1 (PLD) の波長 λ_2 とに適合していな
くてはならない。

【0028】2. 給電用レーザダイオード (PLD) 及
び光検出器 (PD)

S. サラモン (Salamone) による論文 “フォトダイオ
ードを用いた効率的電力伝送” (Lightwave, 12 頁、1988
年 11 月発行) は、光ファイバを介したエネルギーの伝送に
ついて述べている。その受信側の光検出器 (変換器とも
呼ぶ) は、波長 λ_2 で良好な変換効率を有するように、
その PLD の波長 λ_1 に適合させなくてはならない。電
力伝送のこの効率を向上させるには、適当な PLD アレ
イ及び変換器アレイを用いることが可能である。

【0029】3. スイッチング素子 (GRIN ロッドレ
ンズ、マイクロスイッチ)

単純なスイッチ (例えば光ファイバ用バイパススイッ

$$n(r) = n_0 \{1 - (A/2) r^2\}$$

ここで、 n_0 はそのロッドの軸における設計上の率、 A
はある正の定数、 r はロッド軸からの半径方向距離であ
る。その近軸近似においては、図 5 A 及び B に示すよう
に、そのような媒体ではメリジオナル光線が正弦波状経

$$r(z) = r_0 \cos(A^{1/2} z)$$

$$+ (r'_0/A^{1/2}) \sin(A^{1/2} z)$$

ここで、 r_0 はその光線の初期半径方向位置、 r'_0 は初
期傾斜 (レンズ内部) である。尚、全ての光線は、 $L \equiv$
 $2\pi/A^{1/2}$ で通常表される同一の周期またはピッチを
有することに注意されたい。図 5 A 及び B は、軸上 (r
 $= 0$) と軸を外れた点 ($r_0 > 0$) に対する点源 5 1.
1、5 1.2 (例えば、バット結合型光ファイバ) に対
しての光線路を示しており、これから判るように、その
レンズの端部上の物体に対しては、レンズは $z = L/2$
で反転像を形成し、 $z = L$ で正立像を形成する。中間点
 $z = L/4$ 及び $z = 3L/4$ では、ある点からの全光線
は互いに平行であり、従ってコリメートしたビームが得
られる。GRIN ロッドレンズの合焦性能については、
F. P. カブロン (Kapron), J. の論文 (Opt. Soc. Am. 第 6
0 巻 1433 頁、1970 年発行) 及び W. J. トムリンソン (Tom
linson) の論文 “マルチモード光ファイバ・デバイスに
おける GRIN ロッドレンズの収束” (Appl. Opt. 第 19
巻 7 号、1117-1126 頁、1980 年 4 月発行) に、非常に詳

(6)

特開平4-328510

10

* 子) には、P. ハイイツマン (Heinzman) 及び H. R. ミ
ュラー (Mueller) の論文 “集積型ファイバ光スイッ
チング素子” (IBM Technical Disclosure Bulletin, 第 3
2 巻 108 号 172-174 頁、1990 年 3 月発行) に記載されてい
るような、微小製作スイッチング素子を用いることができ
る。この微小製作した可回転スイッチによって、複数の
固定ファイバまたは導波路の各々の間に選択可能な接続
を確立することができる。この微小製作スイッチング素
子は、サイズが小さく軽量なので、非常に低い電力で駆
動することができる。

【0030】複雑なスイッチング機能をもつスイッチ、
即ち図 2 の A 及び B に示したような並列に結合したスロ
ーオーバー (throw-over) スイッチ用に、本発明の集積型
プレーナミラー付きグレーデッド屈折率ロッドレンズ
(GRIN ロッドレンズ) を開示する。この GRIN ロ
ッドレンズは、アクチュエータによって一方の位置から
他方の位置に移動させることができるように、フェール
ル内で軸支する。

【0031】以下の章では、当該技術分野では既知のあ
る GRIN ロッドレンズ 5 0 について簡単に説明する。
この GRIN ロッドレンズ 5 0 は、図 5 の A 及び B に示
すように、誘電体物質の円柱体から成っていて、屈折率
がロッド軸 5 2 で最大となりそしてほぼ半径方向距離の
2 乗で減少する屈折率分布を有している。この率分布 n
(r) は通常、次の式で表される。

【0032】

(1)

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

【0033】

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

※路をたどり、従って次のように表されることを、容易に
示すことができる。

11

出力ファイバE-Hで再合焦する。ファイバB及びDの光路は、ミラー61.1からは影響を受けない。これらのファイバの接続状態は、以下の通りである。

【0035】

A→E B→H C→G D→F

図6Bでは、ファイバAとCが表す面内にプレーナミラー61.2を集積化してあり、従って次の接続を確立する。

【0036】

A→G B→F C→E D→H

シングルモード・ファイバを必要とする応用では、それら出力ファイバをマルチモード（より大きなコア横断面）にすることを、位置決め公差が必要とすることがある。しかしながら、必要ならば、マルチモード・ファイバのビグテイルを再合焦させて、再びシングルモード・ファイバにすることができる。

【0037】本発明の実施例の鍵となる部品は、この図6A及びBで説明したGRINロッドレンズであり、これは、フェルール内に軸支してある。その入力ファイバ及び出力ファイバはそのフェルール内に固定し、そしてこのフェルールは、そのGRINロッドレンズの正確な軸受として機能してそれらファイバの整列を与えるようになっている。そのロッドの両端切子面とそれらファイバを固定したフェルールとの間には、小さなギャップが有る。集積型プレーナミラー付きのそのGRINロッドレンズを90度回転させれば、図6Aに示した接続状態から図6Bに示した接続状態へのスイッチングを行うことができる。

【0038】4. アクチュエータ

上述のミラー付きGRINロッドのための特別な形状記憶合金（SMA）製アクチュエータについて、以下に説明する。このアクチュエータ機構は、Ti-Ni合金またはCu-Zn-Al合金の形状記憶効果（SME）を用いた新技術に基礎を置いたものである。その形状記憶効果については、日本の東京にある東京工業大学物理工学部のS.ヒロセ等の“形状記憶効果を基にしたサーボ・アクチュエータの新しい設計方法”という論文の339-349頁に記載されている。

【0039】SMAは、温度に依存して、2つの相（オーステナイト及びマルテンサイト）を有している。この合金は、本実施例では単なるワイアであるが、これには、各々の相において異なった幾何学的形状を与えることができる。アクチュエータをその親形状（オーステナイト相）からその中間形状（マルテンサイト相）にスイッチングするには、単にそのワイアの温度を上げればよい。そして、その温度を下げれば、その親形状を再び得ることができる。このSMEは、一方の相から他方の相への高速の転移を可能とし、しかも疲労を起こさずに100万サイクル以上の形状転換を行えることが実証されている。その合金の組成に依っては、その転移温度を、

(7)

特開平4-328510

12

摂氏-200から+150度の範囲で選ぶことができるので、動作温度にかなりの余裕を得ることができる。上記の文献（S. ヒロセの上記論文を参照）では、SMAの加熱は、その物質中に電流を流すことによって通常行っている。このような加熱を、ここでは抵抗性加熱と呼ぶことにする。

【0040】本発明の第1の実施例は、第3章に説明したようなGRINロッドレンズを基にしたGRINロッドレンズ70である。これを図7に示す。このGRINロッドレンズ70は、放物線状屈折率プロファイルが得られるようにそのコア部分にドーブを行って形成してある。このロッド70の長さはL/2であり、1本のファイバ（例えばファイバA）から出る複数の光路は、 $z = L/4$ の所で平行となる。スイッチング動作を行うため、GRINロッドレンズ70には、 $z = L/4$ の所でこのレンズの中心に集積型プレーナミラー72を配置して設けてある。入力ファイバA-Dは取付け板71.1内に固定し、そしてファイバE-Hは別の取付け板71.2に固定する。これらファイバは、それら取付け板とGRINロッド70との間に小さなギャップ73.1及び73.2ができるように、それら板71.1及び71.2に固定するようにする。GRINロッド70が図示の位置にある場合、次の接続状態が得られる。

【0041】

A→E B→H C→G D→F

このGRINロッド70を90度回転させると（図示せず）、リンク再構成に必要なファイバの接続状態を得ることができる。この位置では、ファイバは次のように接続される。

【0042】

A→G B→F C→E D→H

このGRINロッドレンズの製作は、上述のようにガラスロッドにドーブを行い、そしてそのロッドの半部分に薄いアルミニウム膜を蒸着させることにより行う。そして、その第2の半部分は、屈折率整合した光学セメントまたはエポキシでその第1半部分の上に接合させる。ファイバA-Hは、取付け板71.1及び71.2には、前もって決めたスロット内にセメントで固定することによって、固定し整列させる。

【0043】第2の実施例は、図8に示した集積型プレーナミラー82付きGRINロッドレンズ80である。これでは、第1実施例で説明したのと同様のGRINロッドを用いている。GRINロッド80は、図7のGRINロッド70と比較して、90度回転した位置で示してある。端部80.1及び80.2は、集積型ミラー82付きロッド80の中央部分からのこぎり切断によって分離する。ロッド80とそれら端部80.1、80.2との間には、小さなギャップ81.1、81.2が有る。端部80.1、80.2の切子面及びロッド80の切子面には、反射防止コーティングを被覆して、表面反射損失を

13

減少するようにしている。ファイバA-Hは、ロッド部分80.1及び80.2のロッド軸の方向と垂直なプレーナ切子面に対しバット結合している。ファイバA-Dを
通って第1のロッド部分80.1に送られる光の光路は、ギャップのない固体GRINロッドのそれと同様である。それらファイバから発したビームは、それぞれ $z=L/4$ の所で平行となり、そして $z=L/2$ の所の出力ファイバE-Hに再合焦する。プレーナミラー82を用いることで、ファイバA及びCのビームはこの位置では影響を受けず、従って、ファイバAはファイバGに接
続し、ファイバCはファイバEに接続する。この位置における接続状態は、次の通りである。

【0044】

A→G B→F C→E D→H

このGRINロッドを90度(図示せず)回転させれば、それらの接続を、次の接続へとスイッチングすることができる。

【0045】

A→G B→F C→E D→H

この実施例の1つの利点は、ロッド80の中間部の寸法及び重量が、図7に示したGRINロッド70に比較して小さいことであり、従ってそれを回転させるのに必要な力を減少させることができる。

【0046】本発明の第3の実施例は、2つの部分130.1及び130.2から成ったGRINロッドレンズである。その上側半部分130.1は、下側半部分130.2とは小さなギャップ131で互いに分離する。これら部分の表面には、反射防止コーティングを被覆し、表面損失を低減するようにしている。ファイバA-Hの整列は、第1の実施例で説明したのと同様である。これらファイバと2つの部分のロッド130.1、130.2との間にギャップ133.1、133.2ができるように、それらファイバを取付け板132.1及び132.2内に固定する。ロッドのそれら两部分は、図9には示していない距離片によって互いに固定する。第1及び第2の実施例でのミラーは、ロッド-空気界面と置き換え、この界面で全反射が起こるようにする。また、上記ギャップは、反射させなくてはならない光波の波長より広くなくてはならない。

【0047】本発明の第4の実施例は、主としてGRINロッドレンズ90、フェルール91、及びアクチュエータ92から成ったスイッチング素子である。この第4実施例について、図10-13を参照して説明する。これでは、第1実施例として述べたGRINロッド70と同様のGRINロッドレンズ90を、フェルール91内で軸支する。このフェルール91は、GRINロッド90の正確な軸受として機能し、従ってファイバA-Dの整列を与える。整列ピン95でフェルール91に整列させたファイバ整列素子96の中に、ファイバE-Hを固定する。ファイバA-Hの端部とGRINロッド90と

14

の間には、小さなギャップ97.1、97.2ができる。プレーナミラー98は、GRINロッド90の中心に集積してある。SMAアクチュエータ92を、フェルール91の所に固定する。これは、可撓性レバー94によってGRINロッド90に接続して、位置Iと位置IIとの間でGRINロッド・スイッチング素子90を回転させられるようにする。第4実施例の上面図(図11)及び横断面図(図12)に示すように、アクチュエータ92及びレバー94を一方の位置から他方へ移動させると、GRINロッド・スイッチング素子90は軸受91内で回転する。フォトダイオード93は光を光電流 I_p に変換し、そしてこれが、そのアクチュエータ92を駆動するようになっている。このアクチュエータは、抵抗性加熱によって、オーステナイト相(位置I)からマルテンサイト相(位置II)へと変化する。SMAワイア100の電気抵抗が小さすぎてフォトダイオード93から必要な電力(1mWのオーダー)を取り出すことができないので、この出願のために以下のような方法を発見しなくてはならなかった。即ち、図13に示すように、SMAワイア100には、絶縁膜101及び抵抗性膜102を被覆することにより、フォトダイオード93から最大の電力を取り出せるような構成の所望の抵抗を与えるようにしている。光電流 I_p は、このSMAワイア100に供給して、このワイアと、金属ブリッジ103とそして抵抗性膜102が形成する直列抵抗とを通過させ、これによってSMAを均一に加熱するようにしている。

【0048】SMAアクチュエータ100の径は0.06mm、カンチレバーの長さは10mmである。そのカンチレバーの柔軟性屈曲を基に、結果的に得られる偏向力は、ほぼ450mg、即ちGRINロッド・スイッチング素子90の重量の10倍となる。これらの計算は、ヤング率 $E=700\text{KBar}$ (SMAのデータ)を基にしている。フォトダイオード93からの1mWの電力でも、このSMAアクチュエータ100の温度上昇は、既にほぼ摂氏130度、即ち相転移が起きるのに十分となり、また種々の周囲温度に対する余裕もある。

【0049】周囲空気への対流熱伝達によるSMA素子100-103の過剰な熱損失を防ぐために、その回転スイッチング素子を含むSMA素子全体を真空環境内に置いている。図10及び図11は、気密封止真空にしたパッケージ(光ファイバA-H及びフォトダイオード・ワイア用のポートを有する)内に封入したアクチュエータ/スイッチング素子を概略的に示している。ほとんどの電子パッケージ(IC)は、気密封止するか、不活性ガスを満たすか(例:レーザダイオード)、あるいは真空にするようにしている(例:リードリレー、電子管)。従って、このような付加的な要件は、現行技術水準のものと考えられるものである。

【0050】本発明の第5の実施例は、図14に示した

(9)

特開平4-328510

15

遠隔光学給電式スイッチである。このスイッチは、給電用レーザダイオード113 (PLD) 及び波長分割マルチプレクサ115を備えたステーション111から成っている。このステーション111は、波長入のデータを伝送している単一ファイバ・ネットワーク112中に挿入する。このスイッチの第2の部分、ステーション111から分離した分配パネル110である。この分配パネル110は、波長分割マルチプレクサ116、スイッチ117及びフォトダイオード114から成っている。ステーション111がファイバ112を介してのデータ伝送を遮断したい時、PLD113からファイバ112に発するところの波長入の給電用光波を供給することにより、スイッチ117を遠隔から光学的に駆動するようにする。分配パネル110では、波長分割マルチプレクサ116がその給電用光波をファイバ112内を伝搬するその他の光波から分離し、そしてそれをフォトダイオード114に供給する。このフォトダイオード114は、その光を電流に変換し、そしてスイッチ117を駆動する。

【0051】上記の第5実施例を基に他の種々の実施例を考案することができる。例えば、スイッチ117を1つ以上のスローオーバー・スイッチに置き換え、そしてステーション及び分配パネルを2重ファイバ・ネットワークに適合させることができる。その応用例の1つは、スローオーバー・スイッチ付きの分配パネルを挿入したファイバ・ネットワークである。このネットワークに接続する全ステーションには、それぞれPLD及びWDMをもたせ、これにより、個々のステーションが、このネットワークに波長入の給電用光波を供給することによって、その分配パネル内に配置した上記スイッチを駆動できるようにする。

【0052】遠隔光学給電のこの概念は、双方向データ伝送用ネットワークにも用いることができる。WDMの適切な構成によって、スイッチをファイバリングの両側から駆動するようにすることができる。また、1つまたはそれ以上のフォトダイオードの出力に論理ゲートを接続することにより、スイッチ位置が数個のステーションの状態に依存するような、遠隔光学駆動式のスイッチを作ることができる。

【0053】本発明の第6の実施例は、遠隔光学給電式の分配パネル120であって、これは、図15及び16に示した光二重ライン・ファイバネットワーク121の一部として集積型ブレーナミラー付きGRINロッドレンズ・スイッチング素子を備えている。尚、これらの概略図には、アクチュエータを備えたそのGRINロッドレンズ・スイッチング素子は図示していない。この分配パネル120は、これの対応する端末又はPC (以下、ステーション122と呼ぶ) によって給電及び制御を受ける受動光スイッチである。この分配パネル120は、図15及び16に示すように、2つのスイッチング位置

16

をもっている。図15のバイパス状態では、ステーション122は、ファイバA及びBから成るファイバ・ネットワーク121に接続していない。この状態では、給電用レーザダイオード123 (PLD) は光を発していない。そのステーション122がファイバリング121への挿入を望むときには、そのPLDは給電を受け、そして図16に示すように波長入の光を発する (挿入状態)。この光波は、波長分割マルチプレクサ124.1、124.2 (WDM) を介して相互接続ファイバC、D、G、Hに送り、そして分配パネル120まで案内する。このパネル120内では、WDM125.1、125.2が、それらファイバ内を巡回している他の光波からその給電用光波を分離し、そしてこれをフォトダイオード126 (PD) に供給する。このフォトダイオード126は、受けたその光をSMAアクチュエータ (図示せず) を駆動するための電流に変換する。この電流は、上記第4実施例で述べたように、そのSMAアクチュエータを加熱して、集積型ブレーナミラー付きGRINロッド・スイッチング素子を第1の位置 (バイパス状態) から第2の位置 (挿入状態) へと切替える。この第2位置では、ファイバの接続状態は以下になる。

【0054】

A→G B→F C→E D→H

このステーション122内で停電またはなんらかの問題が起きると、SMAアクチュエータの温度が低下してスイッチング素子がその第1位置に戻ることに伴い、ステーション122を直ちに遮断するようになっている (安全遮断器)。

【0055】この実施例に用いた波長分割マルチプレクサ/マルチプレクサは、フォトリソグラフィ及びイオン交換技法を利用したガラス上集積光学技術によって製作したものである。この“ガラス上集積光学”によるWDMの利点は、損失が少なく、クロストークが少なく、しかも小型であることである。これら及びその他のタイプのWDMは、商業的に入手可能である。

【0056】

【発明の効果】以上の本発明の遠隔光学給電式スイッチが提供する主な利点は、給電用に銅線を追加する必要をなくし、それらスイッチの設置をより簡単かつ安価にできることである。更に、電磁場は、これらスイッチの動作に何の影響も及ぼすことはない。遠隔光学給電のこの基本概念によって、一方にステーションそして他方にネットワークのガルヴァニ分離が可能となる。また、本発明のスイッチを用いることによって、全て光ファイバのネットワークの実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】数個のステーションと1つのホストコンピュータから成ったLAN (ローカルエリアネットワーク) の概略図。

17

【図2】Aは、バイパス状態における分配パネルを示す図1のLANの概略部分図であり、Bは、ループバック状態におけるその分配パネルを示す図1のLANの概略部分図。

【図3】Aは、バイパス状態の遠隔光学給電式の分配パネルの概略部分図であり、Bは、ループバック状態のその遠隔光学給電式分配パネルの概略部分図。

【図4】波長分割マルチプレクサ及び波長分割デマルチプレクサの概略図。

【図5】Aは、点源がロッド軸上にある既知のGRINロッドレンズの横断面図であり、Bは、点源がロッドの径方向に沿ってシフトした既知のGRINロッドレンズの横断面図。

【図6】Aは、集積型プレーナミラーを有する本発明のGRINロッド・スイッチング素子の斜視図であり、Bは、集積型プレーナミラーを有する別の本発明のGRINロッド・スイッチング素子の斜視図である。

【図7】集積型プレーナミラーを有するGRINロッド・スイッチング素子を示す第1の実施例の横断面図。

【図8】集積型プレーナミラーを有する別のGRINロッド・スイッチング素子を示す第2の実施例の横断面図。

【図9】プレーナミラーとして作用するギャップをもったGRINロッド・スイッチング素子を示す第3の実施例の横断面図。

【図10】フェルール内に軸支した、アクチュエータを有するGRINロッド・スイッチング素子を示す第4の実施例の横断面図。

【図11】第4実施例のアクチュエータを有するフェルールの上面図。

【図12】第4実施例の作動機構の略図。

【図13】第4実施例のアクチュエータの横断面概略図。

【図14】1つの分配パネル/ステーションを示す、第5の実施例の概略上面図。

【図15】バイパス状態の分配パネル/ステーションを示す、第6の実施例の概略上面図。

(10)

特開平4-328510

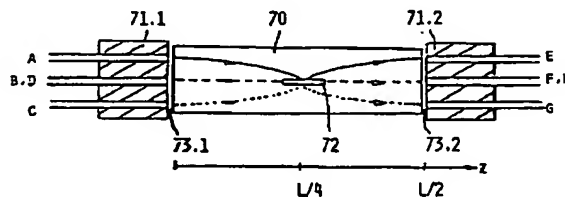
18

【図16】挿入状態の分配パネル/ステーションを示す、第6実施例の概略上面図。

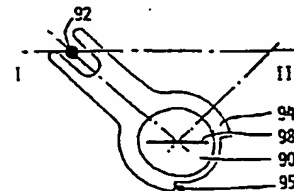
【符号の説明】

- 10.1-10.8 ステーション
- 12 光ファイバリング
- 13.1-13.9 分配パネル
- 30 分配パネル
- 31 給電用レーザダイオード
- 32 波長分割マルチプレクサ
- 33 波長分割デマルチプレクサ
- 34 光-電流変換器
- 35 ステーション (端末)
- 60.1, 60.2 グレーデッド屈折率ロッド (GRINロッド) レンズ・
- スイッチング素子
- 61.1, 61.2 プレーナミラー
- A, B, C, D, E, F, G, H ファイバ
- 70, 80, 90 GRINロッドレンズ・スイッチング素子
- 71.1, 71.2 取付け板
- 72, 82, 98 ミラー
- 91 フェルール
- 92 アクチュエータ
- 93 フォトダイオード
- 94 可撓性レバー
- 100 形状記憶合金 (SMA) 製ワイヤ
- 101 絶縁膜
- 102 抵抗性膜
- 103 金属ブリッジ
- 110, 120 分配パネル
- 111, 122 ステーション
- 113, 123 給電用レーザダイオード
- 114, 126 フォトダイオード
- 117 スイッチ
- 112, 121 光ファイバ・ネットワーク
- 130.1, 130.2 半部分
- 131 ギャップ

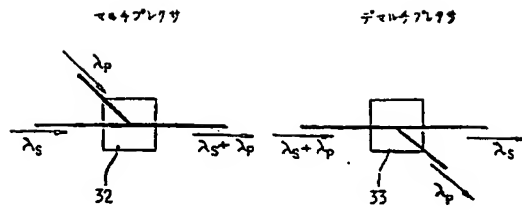
【図7】



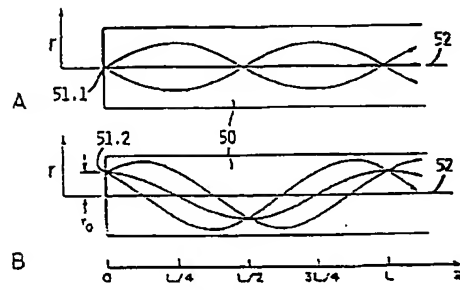
【図12】



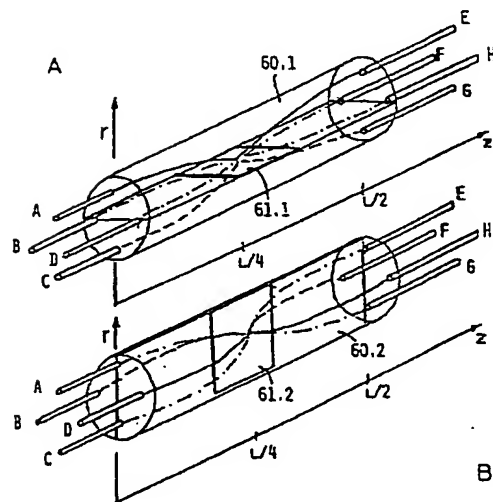
【図4】



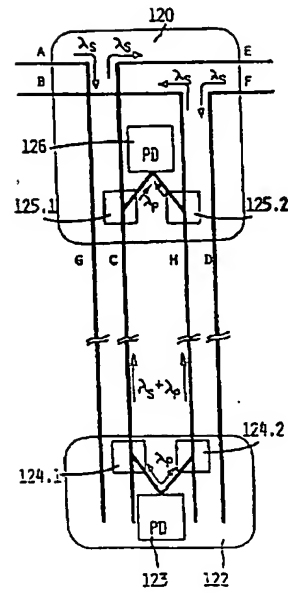
【図5】



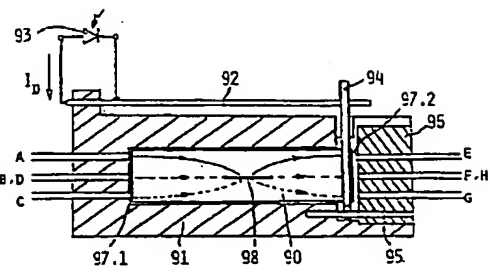
【図6】



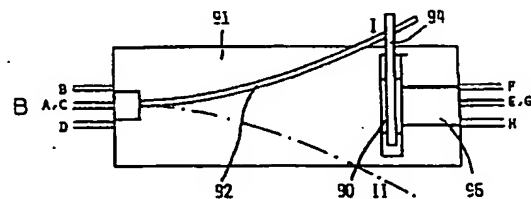
【図16】



【図10】



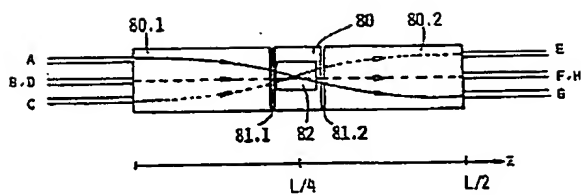
【図11】



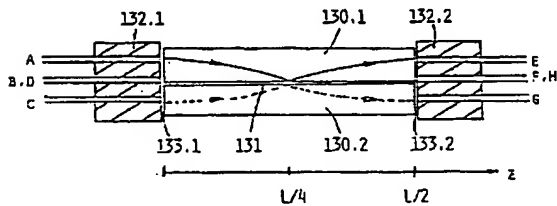
(13)

特開平4-328510

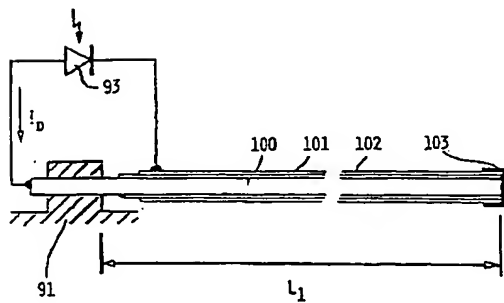
【図8】



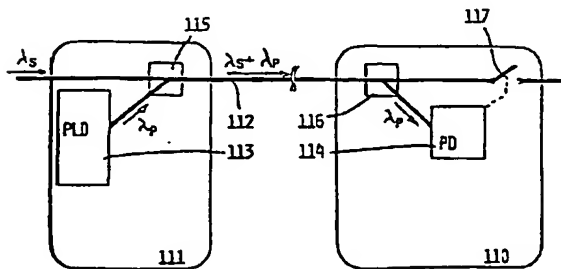
【図9】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 ベーター・レアンデル・ハインツマン
スイス国ツエーハー-8175 ヴイントラツ
ハ、シュタインガツセ 4番地

(72)発明者 ヨハン・ルドルフ・ムエラー
スイス国ツエーハー-8135 ラングナウ・
アム・アルビス、エルレンヴエーク 7番
地

(72)発明者 オリバー・マルティン
スイス国ツエーハー-8134 アドリスヴィ
ル、アルビスシュトラーセ 74